Chapter-11 စွမ်းအင်ချွေတာရေး နည်းလမ်းကောင်းများ(Energy Saving Measures)

စွမ်းအင်ချွေတာမှု ဖြစ်စေသည့် အခြေခံ အကြောင်းများ(Primary energy savings opportunities)
(၁) အသုံးပြုမည့် လေထုထည်ကို လျော့နည်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်း(Reducing volume flow rate)
(၂) ဖိအားကို တတ်နိုင်သမျှ လျှော့ချခြင်း(Reducing pressure)
(၃) Control efficiency ကောင်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်း
(၄) Compressor efficiency ကောင်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်း နှင့်
(၅) Motor efficiency ကောင်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်း တို့ ဖြစ်သည်။

၁၁.၁ စွမ်းအင်ချွေတာနိုင်သည့်နည်းများ နှင့် ချွေတာနိုင်သည့် ရာခိုင်နှုန်း

(က) လေယိုစိမ့်မှုကိုရှာဖွေခြင်း၊ ပြုပြင်ခြင်း(detect and repair air leaks) နှင့်တားဆီးကာကွယ်ခြင်း တို့ကြောင့် စွမ်းအင် ၂၀% ခန့် ချွေတာ နိုင်သည်။

(ခ) လွဲမှားစွာအသုံးပြုခြင်းများ(inappropriate uses)ကို ရှောင်ကြဉ်ခြင်း နှင့် မလိုအပ်သည့်သုံးစွဲမှုများ (unnecessary uses)ကို လျှော့ချနိုင်ခြင်းတို့ဖြင့် စွမ်းအင်ချွေတာနိုင်သည်။

(ဂ) ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)လျော့နည်းအောင် ပြုလုပ်နိုင်ခြင်းကြောင့် စွမ်းအင် ၃% ခန့် ချွေတာ နိုင်သည်။

(ဃ) System pressure ကိုလျှော့ချခြင်းဖြင့် စွမ်းအင် ချွေတာနိုင်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် system pressure နိမ့်နိမ့်ဖြင့် မောင်းခြင်းလျှင် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု လျော့နည်းနိုင်သည်။

(င) Load သို့မဟုတ် လေလိုအပ်ချက်(demand)နှင့် ကိုက်ညီသည့် compressor အရွယ်အစား နှင့် သင့်လျော်သည့် control လုပ်နည်းကို ရွေးချယ်နိုင်ခြင်းကြောင့် စွမ်းအင် ၁၅% ခန့် ချွေတာနိုင်သည်။

(စ) Part-load ဖြင့်မောင်းသည့် အခြေအနေများတွင် efficient ဖြစ်အောင် control လုပ်ခြင်းကြောင့် စွမ်းအင် ချွေတာနိုင်သည်။

(ဆ) Distribution system ကို ကောင်းစွာ စနစ်တကျ ဒီဇိုင်းလုပ်ခြင်းဖြင့်လည်း စွမ်းအင်ချွေတာနိုင်သည်။

(ဇ) ပြင်ပလေအပူချိန်သည် စက်အခန်း(plant room) အတွင်းမှ အပူချိန်ထက်နည်းသည့်အခါတွင် အပူချိန် နိမ့်သည့် ပြင်ပမှ လေကိုစုပ်ယူခြင်းဖြင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု လျော့နည်းအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည်။

(ဈ) သင့်လျော်မှန်ကန်သည့်နည်းများဖြင့် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှု(maintenance)များပြုလုပ်ခြင်းကြောင့် စွမ်းအင် ၁၅% ခန့် ချွေတာနိုင်သည်။

(ည) စွန့်ထုတ်ရမည့်အပူများ(rejected heat)များကို ပြန်လည်အသုံးချနိုင်ခြင်း(recover လုပ်နိုင်ခြင်း) ကြောင့် စွမ်းအင် ၂၀% ခန့် ချွေတာနိုင်သည်။

၁၁.၂ Compressed Air ကို လွဲမှားစွာအသုံးပြုခြင်း(Inappropriate Use)

လက်ရှိ အသုံးပြုနေသည့် compressed air system များကို အမှန်တကယ် အသုံးပြုရန် လိုမလို ဆန်းစစ်ရန် လိုအပ်သည်။ အမှန်တကယ် အသုံးပြုရန် လိုအပ်ပါကလည်း အနည်းဆုံး လေပမာဏ (volume)၊ အနိမ့်ဆုံးဖိအား(system pressure)နှင့် အချိန်တိုတိုအတွင်း မိမိအလိုရှိသည့် လုပ်ငန်းကိစ္စများကို ပြီးမြောက်အောင် ဆောင်ရွက်ရန်လိုသည်။ Compressed air သည် အမြဲတမ်း အလွယ်တကူရရှိနိုင်သောကြောင့် လွဲမှားစွာ အသုံးပြုကြလေ့ရှိသည်။

Compressed air system တစ်ခု၏ အဓိကလိုအပ်ချက်များသည်

(က) Compressed air ၏ အရည်အသွေး(quality)

(ခ) လေပမာဏ(air quantity or capacity) နှင့်

(ဂ) Load profile(pressure နှင့် artificial demand) တို့ဖြစ်သည်။

အထက်ပါ လိုအပ်ချက် သုံးမျိုးသည် compressed air system ၏ production ၊ treatment ၊ distribution နှင့် end-use တို့ကို ဆုံးဖြတ်ပေးသည်။ အရည်အသွေး ကောင်းမွန်သည့် compressed air ကို ထုတ်လုပ်ရန်အတွက် ကုန်ကျစရိတ်များသည်။ လေခြောက်သွေ့မှု(dryness)နှင့် အညစ်အကြေး(comtaminant) ကင်းစင်မှုတို့သည် compressed air ၏ အဓိက အရည်အသွေး ဖြစ်သည်။ Air Treatment အခန်း(Chapter-09)တွင် အသေးစိတ် ဖော်ပြထားသည်။

လေထွက်နှုန်း(capacity)သည် compressed air system ၏ အရွယ်အစားပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Compressed air system တစ်ခု၏ load profile ကိုလိုက်၍ system efficiency ကောင်းစေမည့် သိုလှောင်ကန်(storage tank) အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်သင့်သည်။

ဥပမာ Electrical carbinet(panel)များကို အေးအောင် ပြုလုပ်ရန်အတွက် compressed air vortex table များကို အသုံးပြုမည့်အစား air conditioning unit ကို အသုံးပြုသင့်သည်။ Compressed air venturi method ကို အသုံးပြု၍ vacuum လုပ်မည့်အစား vacuum system ကို အသုံးပြုသင့်သည်။

Cooling ၊ aspirating ၊ agtitating ၊ mixing သို့မဟုတ် inflating packing လုပ်ငန်းများ အတွက် compressed air ကိုသုံးမည့်အစား blower ၊ fan ၊ mixer နှင့် nozzle များကို အသုံးပြုခြင်းဖြင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုကို လျှော့ချနိုင်သည်။ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုကို လျှော့နည်းခြင်းကြောင့် ကုန်ကျစရိတ် လျှော့နည်းကာ အကျိုးအမြတ် များနိုင်သည်။ Compressed air ပိုက်ကိုဖွင့်၍ open blowing လုပ်ခြင်းသည် စွမ်းအင် ဖြုန်းတီးရာ ရောက်သည်။ ထိုသို့ ပြုလုပ်မည့်အစား high efficiency nozzle ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ Compressed air ဖြင့် စက်ပစ္စည်းများ နှင့် နေရာများကို သန့်ရှင်းခြင်း(cleaning) မပြုလုပ်သင့်ပါ။ Compressed air အစား blower များ၊ vacuum များဖြင့်သာ သန့်ရှင်းရေး(cleaning) ပြုလုပ်သင့်သည်။

Compressed air ကိုအသုံးပြုသူ၏နေရာ(end use)တွင် regulator မပါပဲ(unregulated) အသုံးမပြုသင့်ပါ။ Pressure regulator မပါရှိခဲ့လျှင် အသုံးပြုသူသည်(end user)သည် အမြင့်ဆုံးဖိအား(full pressure)မလိုအပ်သော်လည်း အမြင့်ဆုံးဖိအား(full pressure) ဖြင့် အသုံးပြုနေလိမ့်မည်။

Inappropriate Compressed Air Use	Description and Examples ဥပမာ	Potential Solutions သင့်လျော်သည့်နည်းများ
Abandoned Equipment	Compressed air continues to be supplied to equipment that remains in place yet does not operate	Install shut off valves Remove redundant equipment

Aspirating	Aspirating uses compressed air to induce the flow of another gas with compressed air such as flue gas	Low-pressure Blower
Atomizing	Atomizing uses compressed air to disperse liquid to a process as an aerosol	Low-pressure Blower
Dense phase transport	Dense phase transport is used to transport solids in a batch format	Low to High Pressure Blowers
Open blowing	Blowing using compressed air applied with an open, unregulated tube, hose, or pipe for cooling , Drying , Clean up	Brushes , Brooms Blowers , Electric fans Mixers and Nozzles
Equipment or Personnel cooling	Personnel cooling using compressed air can be dangerous (fine particles or unsecured hoses striking personnel)	Fans
Unregulated Equipment	End use equipment operating without a regulator at full system pressure	Install Pressure Regulators
Vacuum generation	Compressed air is sometimes used in conjunction with a venturi to generate a negative pressure vacuum	Vacuum Pump

Compressed air ကို နည်းလမ်းမကျစွာအသုံးပြုခြင်း ကြောင့်ဆုံးရှုံးရမည့် ငွေပမာဏ
ဥပမာ - ကားထုတ်လုပ်သည့်စက်ရုံ(assembly plant)တစ်ခု၌ တစ်ခြားသောနည်း တစ်နည်းကို အသုံးပြုရမည့် အစား compressed air ကို နည်းလမ်းမကျစွာအသုံးပြု(inappropriate uses)ထားသည့် နေရာများကို အောက်တွင် ဇယားဖြင့်ဖော်ပြထားသည်။ သုံးစွဲသည့်လေပမာဏကို cubic feet per minute (CFM)ဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။

Operation	Original Peak Flow (CFM)	Number of Hours	Action Taken	Revised Peak Flow (CFM)	Peak Flow Reduction (CFM)
Open hand-held blow guns	200	6,500	Installed nozzles	50	150
Vacuum generator	1,000	5,000	Motor-driven vacuum pump	0	1,000
Personnel cooling	800	3,500	Used fans	0	800
Pneumatic actuators	750	3,500	Replaced with electric actuators	0	750
လျော့ချနိုင်သည့်စုစုပေါင်းလေပမာဏ (Total CFM reduction)					2,700

Open hand-held blow gun များကို အသုံးပြုမည့်အစား နော်ဇယ်(nozzles) ကို အသုံးပြုခြင်းကြောင့် 200 CFM မှ 50 CFM သို့ လျှော့ချ နိုင်သည်။ Energy audit မှ ရရှိသော စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုနှုန်းသည် compressed air 100 CFM ရရှိရန် အတွက် စွမ်းအင် 18 kW သုံးရန် လိုအပ်သည်။ လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခသည် $0.05 per kWh ဖြစ်သည်။ လျှော့ချနိုင်သည့် စွမ်းအင် သို့မဟုတ် ချွေတာနိုင်သည့် စွမ်းအင်ပမာဏကို အောက်ပါအတိုင်း တွက်ယူနိုင်သည်။

$$\boldsymbol{Annual\ savings\ =\ [kW\ per\ cfm]\ x\ [cfm\ savings]\ x\ [\#\ of\ hours]\ x\ [\$\ per\ kWh]}$$

= 18/100 x [(150 x 6,500) + (1,000 x 5,000) + (800 x 3,500) + (750 x 3,500)] x $0.05

= $102,600

၁၁.၃ စွမ်းအင်ချွေတာ(Energy Saving)နည်းများဖြင့် ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ပုံ အဆင့်ဆင့်

Compressed air system တစ်ခု ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ပုံ အဆင့်ဆင့် ကို ဖော်ပြထားသည်။

(၁) လိုအပ်သည့် လေပမာဏကို သိအောင်ပြုလုပ်ခြင်း(Identify process air demand)

(၂) System specification ကို သတ်မှတ်ခြင်း

(၃) System layout ရေးဆွဲခြင်း

(၄) Distribution system ၏ အရွယ်အစားကို ခန့်မှန်းခြင်း

(၅) Compressor အရွယ်အစား(size) နှင့် အမျိုးအစား(type)ကို သတ်မှတ်ခြင်း

(၆) Compressor ကိုမောင်းမည့် စွမ်းအင် သို့မဟုတ် driver ကို သတ်မှတ်ခြင်း

(၇) Compressor နှင့် driver တို့ကို control လုပ်ရန်အတွက် သင့်လျော်သည့်နည်းကို ရှာဖွေခြင်း

(၈) Compressed air treatment equipment များကို ဒီဇိုင်းလုပ်ခြင်း နှင့်

(၉) စွမ်းအင်ချွေတာနိုင်သည့် အစီအမံများ(energy-saving features) ကို လေ့လာခြင်း တို့ဖြစ်သည်။

အထက်ပါအဆင့်များသည် system အသစ်ကို ဒီဇိုင်းလုပ်သည့်အခါတွင် သာမက လက်ရှိသုံးနေသည့် existing system များ၌လည်း အသုံးပြုနိုင်သည်။

၁၁.၄ Compressed Air System ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု သက်သာစေသည့်နည်းများ

(၁) Compressed air system ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုကို တတ်နိုင်သမျှ လျှော့ချပါ။

(၂) Compressor ၏ အထွက်ဖိအား(discharge pressure) လျှော့ချနိုင်ခြင်းကြောင့် လေယိုစိမ့်သည့်ပမာဏ ကိုလည်း လျှော့ချနိုင်သည်။

(၃) အပူချိန်နိမ့်သည့် ဝင်လေ(air inlet)ရရန်အတွက် ပြင်ပမှ လေ(Ambient Air)ကို တိုက်ရိုက်ယူပါ။

(၄) Efficient မဖြစ်သော compressor အဟောင်းကို အသစ်ဖြင့် လဲလှယ်ခြင်းဖြင့် စွမ်းအင် သက်သာစေနိုင် သည်။

(၅) တတ်နိုင်လျှင် efficiency အလွန်ကောင်းသည့် မော်တာများကို အသုံးပြုပါ။

(၆) နောက်ဆုံး အသုံးပြုသည့်နေရာတွင် လိုအပ်သည့် လေပမာဏ(air usage) နှင့် ဖိအား လျှော့ချနိုင်ရန်

သင့်လျော်သော ပြောင်းလဲမှု(modification)များ ပြုလုပ်ပါ။

(၇) Compressor မှ ထွက်သည့် အပူ(heat of compression) များကို စွန့်ထုတ်ရန်အတွက်(reject လုပ်ရန်) သေးငယ်သည့် fan များကို အသုံးပြုခြင်းမှ ရှောင်ကြဉ်ပါ။

(၈) Compressor မှ ထွက်သည့် အပူ(heat of compressions)များကို ပြန်အသုံးချ(recover) နိုင်အောင် ကြိုးစားပါ။

(၉) အမျိုးအစား နှင့် အရွယ်အစား မတူညီသည့် compressor များစွာရှိသည့် compressed air system မျိုးတွင် automatic compressor control ကိုအသုံးပြု၍ sequence of operation ပြုလုပ်ပါ။

(၁၀) System နှင့် သင့်လျော်သည့် air dryer အမျိုးအစား နှင့် အရွယ်အစားကို အသုံးပြုပါ။

(၁၁) ပိုက်များတွင် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure loss) နည်းအောင် ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ပါ။ လုံလောက်အောင် ကြီးမားသည့် ပိုက်အရွယ်အစား အမျိုးမျိုးဖြင့် ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ပါ။

(၁၂) Compressor များ မကြာခဏ မောင်းခြင်း၊ ရပ်ခြင်း၊ load လုပ်ခြင်း၊ unload လုပ်ခြင်း(cycling) မဖြစ်ပေါ်အောင် လေလှောင်ကန်(receiver tank) အပို တပ်ဆင်ထားပါ။

(၁၃) မကြာခဏ compressed air ပမာဏ များများ အသုံးပြုသူ(end-user)၏ အနီးတွင် local air receiver သို့မဟုတ် secondary air receiver တပ်ဆင်ထားပါ။

၁၁.၅ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုနည်းစေရန် ဆောင်ရွက်သင့်သည့် အချက်များ

(၁) Treatment လုပ်နေသည့် equipment များ၏ ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) ကို တိုင်းယူပါ။ ဖိအားကျဆင်းမှုသည် 0.5 bar(7.5 psi)ထက် ပိုများပါက အစိတ်အပိုင်း(component) တစ်ခုချင်းစီကို စစ်ဆေးပါ။ လိုအပ်ပါက သန့်ရှင်းရေး ပြုလုပ်ပါ။ လိုအပ်ပါက လေစစ်(filter)အဟောင်းများကို အသစ်ဖြင့် လဲလှယ် ပေးပါ။

(၂) Manual condensate drain valve များကို zero-loss electronic condensate trap များဖြင့် လဲလှယ်ပါ။ Dryer ထဲသို့ ဝင်လာသည့်လေ၏ အပူချိန်ကို တိုင်းယူပါ။ Compressor full load အခြေအနေတွင် 35°C ထက် ပို၍ မများသင့်ပေ။ 35°C ထက် ပိုများနေပါက compressor cooling ပိုကောင်းအောင် ပြုလုပ်ပါ။ Compressor inlet temperature ကို လျှော့ချပေးပါ။ Aftercooler များကို စစ်ဆေးပါ။ ဝင်လေ၏အပူချိန်(inlet temperature) အလွန်မြင့်မားလျှင် dryer ၏ စွမ်းဆောင်ရည်(performance) ညံ့ဖျင်း စေနိုင်သည်။

(၃) Control များ အလုပ်လုပ်ပုံကို စစ်ဆေးပါ။ Condensate collection system ပုံမှန်အလုပ် လုပ်မလုပ် စစ်ဆေးပါ။ လိုအပ်ပါက ပြုပြင်မှုများ ပြုလုပ်ပါ။

(၄) Oil/Water separator ကို အသုံးပြု၍ ဆီဟောင်း(waste oil)နှင့် ရေကို ခွဲထုတ်ပါ။

(၅) Refrigerant gas level ကို စစ်ဆေးပါ။ Refrigerant 15% လျော့နည်းနေခြင်းကြောင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု နှစ်ဆခန့် ပိုများလာနိုင်သည်။ Sight glass ၌ ရှိသော level indicator ကိုကြည့်၍ စစ်ဆေးပါ။ အနိမ့်ဆုံး အမှတ်ထက်နည်းနေပါက ထပ်ဖြည့်ပါ။ လိုအပ်ပါက ထုတ်လုပ်သူ(manufacturer) နှင့် ဆက်သွယ်ပါ။

(၆) Heat exchange များကို အတွင်းဘက်(internal) နှင့် အပြင်ဘက်(external) နှစ်ဘက်စလုံး

သန့်ရှင်းနေပါစေ။ ပုံမှန် စစ်ဆေးမှုများ ပြုလုပ်ပါ။

(၇) Dryer များတွင် ဖုန်၊ အမှုန်များ ရှိနေပါက သန့်စင်ပေးပါ။

(၈) Dew Point များကို ပြောင်းပေးပြီး control အလုပ်လုပ်ပုံ ကောင်းမကောင်း စစ်ဆေးပါ။

(၉) Compressor များထားရှိရာ အခန်း၌ လေဝင်လေထွက် ကောင်းပါစေ။

(၁၀) Screw compressor များ 7barg (700kPa) ဖြင့် မောင်းနေရာမှ 6.5barg (650kPa) သို့ ရောက်အောင် ဖိအား0.5bar (50kPa)လျှော့ချလိုက်ပါက စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု ၃% မှ ၄% အထိ သက်သာသွားစေနိုင်သည်။

(၁၁) Compressor အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသည့် လေများ၏အပူချိန်မမြင့်စေရန် နှင့် စိုထိုင်းဆ မများစေရန် ဂရုစိုက်ပါ။ Compressor များကို လေဝင်လေထွက်ကောင်းသည့် နေရာ၌ တပ်ဆင်ထားပါ။ Compressor ထားသည့်အခန်းကို လေဝင်လေထွက်(ventilation) ကောင်းအောင်ပြုလုပ်ပါ။ ပြင်ပမှ အေးသည့် လေများ ကို compressor အတွင်းသို့ တိုက်ရိုက် ထည့်ပေးပါ။

(၁၂) အဝင်လေစစ်(Inlet air filter)ကို ပုံမှန်သန့်ရှင်းရေး ပြုလုပ်ပေးပါ။ လေစစ်(filter)ကြောင့် 250mm water column(wc) ဖိအားကျဆင်းမှု ပိုများလာပါက compressor ၏ efficiency 2% ခန့် ကျဆင်းသွားနိုင်သည်။

(၁၃) Compressor valve များကို ကောင်းစွာထိန်းသိမ်းပါ။ ခြောက်လ တစ်ကြိမ် ပုံမှန်စစ်ဆေးပါ။ ယိုယွင်းနေသည့် valve များကြောင့် compressor efficiency 50% ကျဆင်းသွားနိုင်သည်။

(၁၄) လေစစ်(filte)များ၏ အဝင်နှင့်အထွက်နေရာကိုခွ၍ manometer တပ်ဆင်ထားပါ။ လေစစ်(filter)များ၏ ဖိအားကျဆင်းမှုကို ပုံမှန်စစ်ဆေးပေးပါ။ လိုအပ်ပါက အသစ်လဲလှယ်ပေးပါ။ သို့မဟုတ် သန့်ရှင်းရေး လုပ်ပေးပါ။

(၁၅) Compressor များ ဝန်နည်းနည်း(low load)ဖြင့်မောင်းနေမည့် အချိန်ကို တတ်နိုင်သမျှ လျှော့ချပါ။ လေလိုအပ်ချက်(air demand)သည် compressor လေထွက်နှုန်း(capacity)၏ 50% ထက် ပိုနည်းပါက ပိုသေးငယ်သည့် compressor ဖြင့် ပြောင်းမောင်းပါ။ သို့မဟုတ် compressor ၏ speed ကိုလျှော့ချရန် ကြိုးစားပါ။

(၁၆) Regenerative air dryer များကို အသုံးပြုရန် ကြိုးစားပါ။ Regenerative air dryer များသည် အပူ (heat of compression)ကို အသုံးပြု၍ လေထဲမှ ရေငွေ့(moisture)ကို ဖယ်ထုတ်ပစ်သောကြောင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု နည်းသည်။

(၁၇) Intercooler တွင် ချေးများ ကပ်နေခြင်းကြောင့်(foul ဖြစ်ခြင်း) ကြောင့် compressor efficiency ကျဆင်းစေသည်။ Air receiver တွင် ပို၍ condensation ဖြစ်စေနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် distribution လိုင်းတွင် ပို၍ သံချေးတက်ခြင်း(corrosion) ဖြစ်စေနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ပုံမှန်သန့်ရှင်းရေး ပြုလုပ်ရန် လိုသည်။

(၁၈) သတ်မှတ်ထားသည့် Free Air Delivery(FAD) ကို compressor မှ ထုတ်ပေးနိုင်စွမ်း ရှိမရှိ ပုံမှန် စစ်ဆေးရန် လိုအပ်သည်။ လိုအပ်သည့် ပြုပြင်မှုများ ပြုလုပ်ပေးရန် လိုသည်။

(၁၉) တစ်လုံးထက် ပိုများသော compressor များမောင်းနေပါက compressor တစ်လုံးကို full load ဖြင့်မောင်းပြီး ကျန်တစ်လုံးကို part load ဖြင့် မောင်းနေအောင် စီမံထားသင့်သည်။ Compressor နှစ်လုံး part load ဖြင့် မောင်းနေပါက efficiency ဆိုးဝါးနိုင်သည်။

(၂၀) Compressor မှထွက်လာသည့် လေပူ(hot air)များကို heat recovery လုပ်သင့်သည်။ အေးသည့်နိုင်ငံများတွင် compressor မှ ထွက်လာသည့်လေပူ(hot air)များကို အခန်းအပူပေးရန် အသုံးချသင့်သည်။

(၂၁) အဆင့် နှစ်ဆင့်(two stage) သို့မဟုတ် multi stage compressor များသည် single stage compressor များထက် ပို၍ efficiency ကောင်းသည်။ စွမ်းအင်(energy)သုံးစွဲမှု နည်းသည်။

(၂၂) လိုအပ်သည့်ဖိအားသည် နိမ့်လွန်းခြင်း(3 bar)၊ မြင့်လွန်း(7 bar)ခြင်း ဖြစ်နေပါက လက်ရှိ system(3 bar to 7 bar)ကို 3 bar system တစ်ခု နှင့် 7 bar system တစ်ခုအဖြစ် သီးခြားဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ရန် သင့်မသင့် လေ့လာပါ။

(၂၃) လုပ်ငန်းများ ပုံမှန်လည်ပတ်စေလျက် compressor မှ အထွက်ဖိအား(discharge pressure)ကို နိမ့်နိုင်သမျှ နိမ့်အောင် လျှော့ချသင့်သည်။

(၂၄) High cyclic-air-demand (အချိန်အနည်းငယ်အတွင်း အလွန်မြင့်သော air demand ကြောင့် pressure တက်ခြင်း၊ ကျခြင်း) ရှိသည့် system များအတွက် compressor လေထွက်နှုန်း(capacity) ထပ်တိုးမည့်အစား လေလှောင်ကန်(air receiver)အရွယ်အစားကိုသာ ထပ်တိုးသင့်သည်။

(၂၅) 100kW ထက်ကြီးသည့် compressor များကို Variable Speed Drive(VSD) ဖြင့် မောင်းသည့် VSD compressor များနှင့် လဲလှယ် တပ်ဆင်သင့်သည်။

(၂၆) Load pressure setting နှင့် unload pressure setting နှစ်ခုကို တတ်နိုင်သမျှနီးအောင် ထားရှိသင့်သည်။

(၂၇) Automatic timer controlled drain trap ပွင့်သည့်အခါ compressed air များ ထွက်သွားကာ ဆုံးရှုံးစေသောကြောင့် ဖွင့်ရမည့်အကြိမ် အရေအတွက်နှင့် ဖွင့်နေသည့်အခါ ကြာမည့်အချိန်ကို နည်းနိုင်သမျှ နည်းအောင် လျှော့ချသင့်သည်။

(၂၈) Air compressor ၏ မှတ်တမ်း(logs) ကို ပုံမှန် စစ်ဆေးသင့်သည်။ ပုံမှန်မဟုတ်သည့် အရာများကို ရှာဖွေသင့်သည်။ Cooling water flow ၊ temperature ၊ inter stage discharge pressure နှင့် compressor load-cycle တို့ ဖြစ်သည်။

(၂၉) ပုံမှန် compressor air လေယိုစိမ့်မှု(leakage) သည် ၁၀% မှ ၁၅% အတွင်းသာ ဖြစ်သည်။ လေယိုစိမ့်မှု(leakage) ၄၀% မှ ၅၀% သည် လက်ခံနိုင်သည့်နှုန်းထက် ပိုများသည်။ လစဉ် သို့မဟုတ် အပါတ်စဉ် စစ်ဆေးသင့်သည်။

(၃၀) အသုံးမပြုသည့်စက်များ သို့မဟုတ် ရပ်ထား(shutdown လုပ်ထား)သည့် စက်များဆီသို့ compressed air များ မရောက်စေရန် solenoid cut off valve များဖြင့် intelock လုပ်ထားသင့်သည်။

(၃၁) Compressor air pipe layout ကို ကွင်းပုံသဏ္ဍာန်(ring main) ပြုလုပ်ထားသင့်သည်။

(၃၂) ပိုက်ရှည်လွန်းလျှင် (အသုံးပြုသူသည် main compressor မှ အလွန်ဝေးကွာနေလျှင်) သီးသန့် compressor ငယ်တစ်လုံး တပ်ဆင်သင့်သည်။

(၃၃) Compressed air ကို လွဲမှားစွာ အသုံးပြုနေခြင်း အားလုံးကို တားဆီးသင့်သည်။ ဟန့်တားသင့်သည်။ ခန္ဓာကိုယ်ကို compressed air နှင့် သန့်စင်ခြင်း၊ agitating လုပ်ခြင်း၊ ကြမ်းပြင်ကို compressed air ဖြင့် သန့်ရှင်းရေး လုပ်ခြင်း စသည့် ကိစ္စများ မပြုလုပ် သင့်ပါ။

(၃၄) Pneumatic equipment များကို recommend လုပ်ထားသည့် ဖိအား(pressure) ထက်ပိုမြင့် ဖိအားဖြင့် အသုံးမပြုသင့်ပါ။ စွမ်းအင် ကုန်ကျမှုများသည်။ Equipment များ ပျက်စီးလွယ်သည်။

(၃၅) Compressed air ဖြင့်မောင်းသော air drill ၊ grinder စသည့် pneumatic tool များသည် လျှပ်စစ်မော်တာဖြင့် မောင်းသော drill၊ grinder များထက် အဆ(၂၀)ခန့် ပို၍ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု များသည်။

(၃၆) Pneumatic နည်းဖြင့် ပစ္စည်းများ သယ်ပို့ခြင်းသည် mechanical system ထက်(၈)ဆ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု ပိုများသည်။

(၃၇) Compressed air ပိုက်များကို ဂဟေဆော်နည်း(welding)ဖြင့် ပိုက်များကို ဆက်ခြင်းသည် အရစ်(threaded) နည်းဖြင့် ပိုက်များဆက်ခြင်းထက် ပို၍ ကောင်းသည်။

(၃၈) Ball valve ၊ plug valve နှင့် gate valve တို့သည် globe valve ထက်ပို၍ ဖိအားကျဆင်းမှု နည်းသည်။ အမှန်တကယ် လိုအပ်သည့်အကြောင်း တစ်ခုခုကြောင့်သာ globe valve ကို သုံးစွဲသင့်သည်။

(၁၉) Screw compressor တစ်လုံးကို 700kPa(g) (7bar(g)) ဖြင့်မောင်းလျှင် ဖိအား 50kPa (0.5bar) လျှော့ချနိုင်သည့်အတွက် compressor၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုနှုန်းသည် ၃%မှ၄% လျှော့နည်း လာလိမ့်မည်။

၁၁.၆ အဝင်လေအပူချိန်(Inlet Air Temperature) လျှော့ချခြင်း

၁၁.၆.၁ Compressor Intake Air အပူချိန်လျှော့ချခြင်း(ပထမနည်း)

အဝင်လေအပူချိန်(inlet air temperature) ကို 4°C လျှော့ချနိုင်လျှင် လေ၏ ထုထည်ပိုများပြီး compressor efficiency 1% ပိုကောင်းလာနိုင်သည်။

150 HP screw air compressor တစ်လုံးအား အောက်ပါအတိုင်း မောင်းသည်။

	Loaded ဖြစ်သည့်အချိန်	Unloaded ဖြစ်သည့်အချိန်
Power Consumption	145 hp	60 hp
Time	80% of the time loaded	20% of the time unloaded

တစ်နှစ်အတွင်း တိုင်းယူရရှိသည့် ဝင် လေအပူချိန်(temperature) intake of the compressor သည် 98°F ဖြစ်သည်။ သို့သော် တစ်နှစ်ပတ်လုံးအတွက် ပြင်ပလေအပူချိန်(outdoor air temperature)သည် 52°F ဖြစ်သည်။ compressor သည် တစ်နှစ်လျှင် နာရီပေါင်း(၆၂၄၀)မောင်းသည်။ Work reduction ကို အောက်ပါအတိုင်း တွက်ယူနိုင်ပါသည်။

$$\textbf{Reduction in Compressor work} = \frac{\textbf{Higher Intake Temperature} - \textbf{Lower Intake Temperature (F)}}{\textbf{Higher Intake Temperature} - \textbf{460}}$$

$$Reduction\ in\ Compressor\ work = \frac{(98-52)}{98-460}$$

$$Reduction\ in\ Compressor\ work = 0.0824$$

ပြင်ပမှ အပူချိန်နိမ့်သည့်လေကို စုပ်ယူခြင်းကြောင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု ၈.၂၄% လျှော့နည်းသွားသည်။ တစ်နှစ်အတွင်း ချွေတာနိုင်သည့် စွမ်းအင်ပမာဏ(annual energy saving)ကို အောက်ပါအတိုင်း တွက်ယူနိုင်သည်။

Energy Saving = [(145 x 0.8) + (60 x 0.2)] x 0.746 x 6,240 x 0.0824

Energy Saving = 49,098 kWh/yr

၁၁.၆.၂ Compressor Intake Air အပူချိန် လျှော့ချခြင်း (ဒုတိယနည်း)

Compressor intake air ကို အေးအောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် compressor ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုကို လျှော့ချနိုင်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် စွမ်းအင်ချွေတာနိုင်သည်။ အကုန်အကျနည်းစွာဖြင့် စွမ်းအင်ချွေတာနိုင်သည့်နည်းဖြစ်သည်။ Compressor intake air ကို အေးအောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် 4°C လျှော့ချနိုင်လျှင် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု ၁% လျှော့နည်း သွားလိမ့်မည်။

$$\textbf{Energy Savings (kWh)} = \frac{\textbf{1\% x kW rating x reduced temperature (°C)}}{\textbf{4 x operating hours}}$$

ဥပမာ 110 kW air compressor တစ်လုံး အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသည့် လေ၏အပူချိန်(inlet temperature) သည် 24°C ဖြစ်သည်။ ထို 25°C မှ 17°C သို့လျှော့ချနိုင်လျှင် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု မည်မျှသက်သာမည်နည်း။ တစ်နှစ်လျှင် နာရီပေါင်း(၂၀၀၀)ခန့် မောင်းသည်။

$$Energy\ Savings\ (kWh) = \frac{0.01\ x\ 110\ kW\ x\ \ (25\,℃ - 17\,℃)}{4\ x\ 2000}$$

= 4 400 kWh per year

= $440 @ 10c/kWh tariff

အဝင်လေ၏ အပူချိန်(inlet temperature)ကို လျှော့ချနိုင်ခြင်းကြောင့် ချွေတာနိုင်သည့် စွမ်းအင်ပမာဏကို လျှော့ချနိုင်သည့် အပူချိန်များနှင့် တွဲ၍ ဖော်ပြထားသည်။

Annual Energy Savings with Reduced Compressor Inlet Temperature				
Intake temperature reduction	**3°C**	**6°C**	**10°C**	**20°C**
Comparative average load (kW)	kWh/yr savings	kWh/yr savings	kWh/yr savings	kWh/yr savings
4	80	160	264	528
8	150	300	495	990
11	220	440	725	1450
15	300	600	990	1980
22	440	880	1450	2900
30	600	1200	1980	3960
37	740	1480	2440	4880
55	1100	2200	3625	7251
75	1500	3000	4950	9900
110	2200	4400	7260	14520
160	3200	6400	10550	21100

၁၁.၇ ဖိအား(Operating Pressure) လျှော့ချခြင်း

ယေဘုယျအားဖြင့် ဖိအား(operating pressure) 100 kPa လျှော့ချနိုင်လျှင် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု ၈% လျှော့ချနိုင်သည်။

$$Energy\ Savings\ (kWh)\ = \frac{8\%\ x\ kW\ rating\ x\ pressure\ reduction(in\ kPa)}{100\ x\ operating\ hours}$$

ဥပမာ 75 kW air compressor တစ်လုံးသည် 800 kPa ဖိအားဖြင့်မောင်းနေရာမှ 700 kPa သို့လျှော့ချနိုင်လျှင် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု မည်မျှ သက်သာမည်နည်း။ တစ်နှစ်လျှင် နာရီပေါင်း(၂၀၀၀)ခန့် မောင်းသည်။

$$Energy\ Savings\ (kWh)\ = \frac{8\%\ x\ 75\ kW\ \ x\ 100\ kPa}{100\ x\ 2000}$$

= 12, 000 kWh per year

= $1200 @ 10c/kWh tariff

Compressor ၏ အထွက်ဖိအား(discharge pressur) လျှော့ချနိုင်ခြင်းကြောင့် ချွေတာနိုင်သည့် စွမ်းအင်ပမာဏကို လျှော့ချနိုင်သည့် ဖိအားများနှင့် တွဲ၍ ဖော်ပြထားသည်။

Annual energy savings resulting from reduction in air pressure

Comparative Average Load (kW)	ဖိအားလျှော့ချနိုင်ခြင်းကြောင့် တစ်နှစ်လျှင် ချွေတာနိုင်သည့်စွမ်းအင် Energy Saving (kWh/year)			
	Reduction in air pressure at the compressor			
	50 kPa	100 kPa	150 kPa	200 kPa
4 kW	320 kWh/year	640 kWh/year	960 kWh/year	1,280 kWh/year
8	600	1,200	1,800	2,400
11	875	1,750	2,625	3,500
15	1,195	2,390	3,583	4,780
22	1,755	3,510	5,265	7,020
30	2,390	4,780	7,170	8,560
37	2,945	5,890	8,835	11,780
55	4,380	8,760	13,140	17,520
75	5,975	11,950	17,925	23,900
110	8,760	17,520	26,280	35,040
160	12,750	25,500	38,250	51,000

Sustainable Energy Authority Victoria, Energy Smart Compressed Air Systems, 2001

ပျမ်းမျှ Load 4 kW အတွက် ဖိအား 50 kPa လျှော့ချနိုင်သည့်အတွက် တစ်နှစ်လျှင် စွမ်းအင်ကီလိုဝပ် (၃၂၀) သက်သာစေနိုင်သည်။ (Energy saving 320 kWh/year.) ဖိအား 100 kPa လျှော့ချနိုင်သည့် အတွက် တစ်နှစ်လျှင် စွမ်းအင် ကီလိုဝပ်(၆၄၀) သက်သာစေနိုင်သည်။ (Energy saving 640 kWh/year.)

၁၁.၈ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု လျှော့နည်းစေရန် သီးသန့် Compressor တစ်လုံးတပ်ဆင်ခြင်း

အသုံးပြုသည့်နေရာသည် main compressor တပ်ဆင်ထားသည့်နေရာမှ အလွန် ဝေးကွာနေလျှင် သို့မဟုတ် အသုံးပြုသည့် ဖိအားသည် main compressor မှထုတ်ပေးနေသည့် ဖိအား နှင့် မတူညီလျှင် (ပိုမြင့်လျှင် သော်လည်းကောင်း သို့မဟုတ် ပိုနိမ့်လျှင် သော်လည်းကောင်း) သီးသန့် compressor (dedicated compressor) ငယ်ကို တပ်ဆင် အသုံးပြုသင့်သည်။

မြင်းကောင်ရေ(၁၀)ကောင် ထက်နည်းသည့် compressor များအတွက် ပို၍ သင့်လျော်သည်။ (အသုံးပြုသည့် နေရာတွင် လိုအပ်သည့် ဖိအားသည် main compressor မှ ထုတ်ပေးနေသည့် ဖိအားထက် ပိုမြင့်လျှင်) များသောအားဖြင့် ထို air compressor ငယ်များကို အသုံးပြုသည့်နေရာ အနီးတွင် တပ်ဆင်ထား လေ့ရှိသည်။ ပိုက်အရှည်ကို လျှော့ချနိုင်သောကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) လျှော့နည်း စေသည်။

-End-